

厚いホログラフィーにおける結合方程式とその解

Analytical Solution to Coupled-Wave Equations for Thick Holography

バイオ・マテリアル学科 川辺豊 (Yutaka KAWABE)

For the description of thick holography, coupled-wave equations derived by Kogelnik have been used, although it violated the energy conservation law in some cases. We modified the equations so as to meet the energy conservation law, and derived their solutions for more successful analysis for photorefractive effects in polymers.

フォトリフラクティブ効果の光学応答に関する解析は、一般に Kogelnik によって確立された厚いホログラフィーに関する 2 光波間の結合方程式に基づいて行われている。[1] しかしながら、この方法は Bragg 条件を満たさない場合の取り扱いにおいて、入射波と散乱波の波数の絶対値が異なることを許容している。そこで今回我々は、エネルギー保存則を厳密に満たしたうえで、Bragg 条件からのずれを運動量の不整合 Δk として導入することでより厳密に取り扱うことを試みた。

逆格子ベクトル \mathbf{K} で表される屈折率および吸収係数の正弦的変調を有する媒質中を波長の等しい参照波（波数ベクトル $\boldsymbol{\rho}$ ）と回折波（波数ベクトル $\boldsymbol{\sigma}$ ）が伝搬すると考える。両者をそれぞれ平面波と仮定し、振幅 R, S は、媒質界面の垂直方向 z にのみ依存するとすれば、その伝搬は一般的に次の 1 階の方程式で近似される。

$$\begin{aligned} R' + c_{11}R &= c_{12}e^{-i\Delta k \cdot x} S \\ S' + c_{22}S &= c_{21}e^{i\Delta k \cdot x} R \end{aligned}$$

ここで、微分は z に関するものである。 c_{11}, c_{22} は実数であり、吸収による減衰を表す。また、運動量不整合は $\Delta k = \boldsymbol{\rho} - \boldsymbol{\sigma} - \mathbf{K}$ で決められる。結合の係数である c_{12}, c_{21} を一般に複素数とすれば、屈折率および吸収係数の格子、さらにフォトリフラクティブ効果で一般的なその位相変化も含めて取り扱うことが可能である。変数変換を施すことで $z=0$ における境界値に対する以下の解が得られた。現在は、この表式を用いて実験解析を行っている。

$$\begin{bmatrix} R(z) \\ S(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\cosh rz + \frac{q}{r} \sinh rz \right) e^{\left(p - i\frac{\Delta K}{2} \right) z} & c_{12} \frac{\sinh rz}{r} e^{\left(p - i\frac{\Delta K}{2} \right) z} \\ c_{21} \frac{\sinh rz}{r} e^{\left(p + i\frac{\Delta K}{2} \right) z} & \left(\cosh rz - \frac{q}{r} \sinh rz \right) e^{\left(p + i\frac{\Delta K}{2} \right) z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_0 \\ S_0 \end{bmatrix}$$

本研究は主として吉川俊雄特別研究員と大学院生松浦克文によって行われたものである。[2]

[1] H. Kogelnik, *Bell. Syst. Tech. J.* **48**, 2909 (1969).

[2] 松浦克文, 吉川俊雄, 川辺豊「厚いホログラフィにおけるモードカップリング方程式の解」30p-S-5 第 72 回応用物理学会学術講演会、8/29-9/2, 2011、山形